

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-321447

(43)Date of publication of application : 24.11.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 11-315658

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD

(22)Date of filing : 05.11.1999

(72)Inventor : HAN DONG-KYOON
KIM HYOUN-SOO

(30)Priority

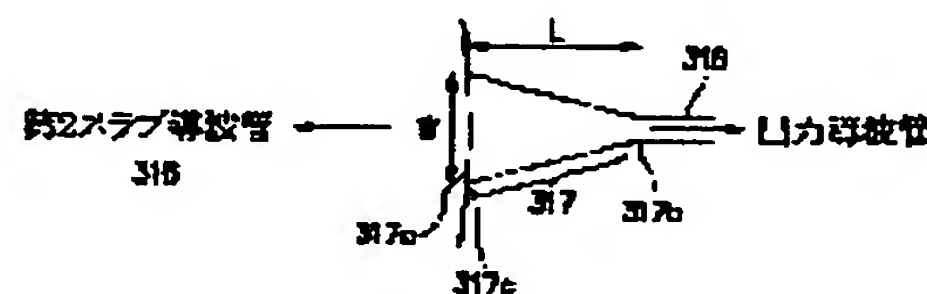
Priority number : 99 9916784 Priority date : 11.05.1999 Priority country : KR

(54) LOW LOSS OPTICAL WAVELENGTH DIVIDING DEVICE HAVING FLAT FREQUENCY RESPONSE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a low loss optical wavelength dividing device having a flat frequency response.

SOLUTION: An AWG optical wavelength multiplexing/dividing device, which couples or separates optical signals having different wavelengths inputted to plural input optical waveguide tubes and outputs them to lots of output optical waveguide tubes, is comprised of a 1st slab optical waveguide tube for dividing power of an input optical signal coupled by the input optical waveguide tube, a diffraction grating of the optical waveguide tube arrayed to guide optical waves so that an optical signal inputted from the 1st slab waveguide tube has a fixed phase difference in an adjoining waveguide tube, a 2nd slab optical waveguide tube 316 for coupling or separating wavelengths outputted therefrom and outputting them to an output optical waveguide tube 318, and a tapered optical waveguide tube 317 which is inserted between the 2nd slab optical waveguide tube 316 and the output optical waveguide tube 318 and obtains a flat frequency response.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.03.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-10828

4 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 26.06.2001
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-321447

(P2000-321447A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

F 2 H 0 4 7

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-315658

(22) 出願日 平成11年11月5日 (1999. 11. 5)

(31) 優先権主張番号 1 9 9 9 P 1 6 7 8 4

(32) 優先日 平成11年5月11日 (1999. 5. 11)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416

(72) 発明者 韓 東均

大韓民国ソウル特別市永登浦區汝矣島洞三
府アパート7棟13號

(72) 発明者 金 賢洙

大韓民国京畿道城南市粉唐區二梅洞振興ア
パート801棟1002號

(74) 代理人 100106220

弁理士 大竹 正悟

Fターム(参考) 2H047 KA02 KA03 KA12 KA13 LA19

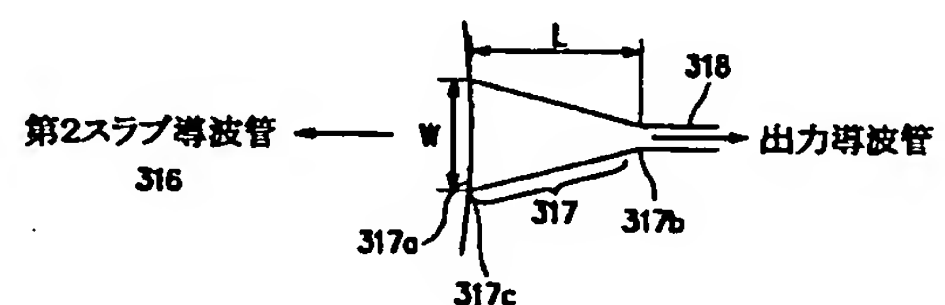
TA00 TA35

(54) 【発明の名称】 平坦な周波数応答を有する低損失光波長分割装置

(57) 【要約】

【課題】 平坦な周波数応答を有する低損失光波長分割装置を提供する。

【解決手段】 複数の入力光導波管に入力される異なる波長を有する光信号を結合または分離して多数の出力光導波管へ出力するAWG光波長多重化装置／分割化装置において、入力光導波管で結合された入力光信号のパワーを分割する第1スラブ導波管と、第1スラブ導波管から入力された光信号が隣接する導波管で一定の位相差を有するよう導波するよう配列した光導波管の回折格子と、そこから出力される光信号の波長を結合または分離して出力導波管に出力する第2スラブ導波管と、第2スラブ導波管と出力導波管との間に挿入されて平坦な周波数応答を得るためのテーパ導波管と、から構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1以上の入力光導波管に入力される異なる波長を有する光信号を結合または分離して複数の出力光導波管へ出力するAWG光波長多重化装置／分割化装置において、

入力光導波管から出力される結合された入力光信号のパワーを分割する第1スラブ導波管と、この第1スラブ導波管へ出力された光信号を隣接した導波管で一定の位相差を持って導波するよう配列された光導波管回折格子と、この配列光導波管回折格子から出力される光信号の波長を結合または分離して出力導波管へ出力する第2スラブ導波管と、この第2スラブ導波管と出力導波管との間に挿入されて平坦な周波数応答を得るためのテーパ導波管と、から構成されることを特徴とする低損失光波長分割装置。

【請求項2】 テーパ導波管が線形テーパ導波管である請求項1記載の低損失光波長分割装置。

【請求項3】 テーパ導波管は、光信号導波中にモード間パワー交換が生じないように断熱構造を有する請求項1又は請求項2に記載の低損失光波長分割装置。

【請求項4】 テーパ導波管は、第2スラブ導波管の出力端で多重モード構造を有する請求項1～請求項3いずれか1項に記載の低損失光波長分割装置。

【請求項5】 テーパ導波管の一端部が、出力導波管の入力端部と同一サイズでそれぞれ接続されて光信号を導波する請求項1～請求項4いずれか1項に記載の低損失光波長分割装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長分割多重化(WDM: Wavelength Division Multiplexing)システムで使用する光波長多重化装置／分割化装置(optical wavelength mutiplexer/demultiplexer)に係り、特に、平坦な周波数応答を有するとともに、素子の挿入損失を極小化できる光波長分割化装置(optical wavelength demultiplexer)に関する。

【0002】

【従来の技術】光導波管を配列した回折格子(Arrayed Waveguide Grating: AWG)構造を用いた波長多重化装置／分割化装置(AWG光波長分割化装置)の動作は、配列した光導波管を回折格子(diffraction grating)と見なすという条件下に、入射する光の回折による分散特性(dispersion characteristic)を記述した回折格子方程式(grating equation)で説明することができる。

【0003】このようなAWG光波長分割装置は、WDMシステムで異なる波長の光信号を結合又は分離するための光学装置である。また、回折格子方程式は、最終出力平面で補強干渉を起こす条件を求める式であり、AWG光波長分割装置を構成する三つの部分、即ち第1スラブ導波管(slab waveguide)、AWG、及び第2スラブ導

波管の位相変化の和が、この条件となる。ここで、最終出力平面とは、第2スラブ導波管と出力導波管との境界面を言う。光信号が入力導波管の中心に入射されたと仮定すると、回折格子方程式は数式1で表される。

$$\text{【数1】 } n_s d \sin \theta + n_c \Delta L = m \lambda$$

【0004】ここで、 n_s 、 n_c はそれぞれ第1、第2スラブ導波管とAWGの有効屈折率を示し、 d はAWGのピッチ、 m は回折次数、 ΔL はAWGでそれぞれ隣接し異なる長さを有する光導波管の長さの差、 λ は波長を示す。

【0005】中心動作周波数 λ_0 は数式1で $\theta = 0$ である場合の波長であり、数式2で定義される。

【数2】

$$\lambda_0 = \frac{n_c \Delta L}{m}$$

【0006】数式1から、角分散度(angular dispersion)、即ち、波長変化による光の回折角度の変化式が得られる。これは数式1の両辺を波長 λ で微分することにより導き出され、数式3により表される。

【数3】

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{n_s d}$$

【0007】このように光の波長が変化するに従って波面(wavefront)の方向が変化し、第2スラブ導波管内の像平面(image plane)上に形成される干渉縞(interference pattern)のメインローブ(main lobe)の位置が変化する。

【0008】光波長分割装置の周波数応答は、第2スラブ導波管の像平面上に形成される干渉縞と第2スラブ導波管に接続される出力導波管のモードとの間の重畳積分(overlap integration)で求められる。

【0009】しかしながら、一般の光波長分割装置では、干渉縞と出力導波管のモードがガウス(Gaussian)形態を有するため、ガウス周波数応答を表すことになる。このガウス周波数応答を有する光波長分割装置がシステムに適用されると、システムソースとして機能するレーザダイオード(LD: Laser Diode)の周波数変化を正確に制御する必要がある。そして、この光波長分割装置が直列接続されると、周波数応答の帯域幅が順次縮められてしまうため、システムの設置費及び保守費の増加を招いてしまう。

【0010】このような問題点は、各チャネルの周波数応答を平坦にすることで解決され、その方法として以下の技術が開示されている。

【0011】第1の方法は、AWGでの光経路差(optical path length)を調節する方法である。この方法は、L

ucent TechnologiesのCorrado Dragoneによって発明され、米国特許番号第5,467,418号の‘FREQUENCY ROUTING DEVICE HAVING A SPATIALLY FILTERED OPTICAL GRATING FOR PROVIDING AN INCREASED PASSBAND WIDTH’に詳細に開示されている。この方法によると、平坦な出力形態を得るために、第2スラブ導波管に入射する光のフィールド分布(field distribution)を、シンク関数(sinc function)の形態として、第2スラブ導波管で発生する回折現象を出力面で発生する入射光のフーリエ変換(Fourier Transform)として考える。したがって、入射光が要求する出力の逆フーリエ変換に相当するシンク関数形態を有するよう調節される。また、入射光の形態を得るために、AWG領域の少なくとも一部分で半波長に相当する波長差を有するようAWGの導波管長さを調節し、そのエンベロープ(envelope)に基づいて意図的に損失を与える。これにより全素子は、AWGに与える意図的な損失に相当する分だけの挿入損(intentional loss)を有することになる。

【0012】第2の方法は、素子の第1スラブ導波管に接続される入力導波管にパラボラホーン導波管(parabolic horn waveguide)を適用して平坦な周波数応答特性を得る方法である。この方法は、日本NTT社のK.Okamotoによって出願され、‘FLATSPECTRAL RESPONSE ARRAYED WAVEGUIDE GRATING MULTIPLEXER WITH PARABOLIC WAVEGUIDE HORNS’、Electrics、32,pp.1961-1962,1996に詳細に開示されている。これによれば、パラボラホーン導波管は、第1スラブ導波管の入力面での導波管モード形態が第2スラブ導波管の出力像平面でそのまま再生(reconstruction)される光波長分割装置の特性を用いて、入力導波管モードの形態をダブルピーク形状にし、出力面で重畳積分による最終周波数応答を平坦化させる。この方法は、第1の方法のように意図的な損失を与える必要はないが、像平面上に形成されるダブルピークイメージと出力導波管のローカルモードの不一致から生ずる損失を避けることができない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】 このように、上述した従来の方法では、出力導波管モードを維持しながら、像平面上に形成される像だけを変化させるため、ガウス周波数応答を有する場合に比べて2～4 dBの追加損失が必然的に存在するという問題点がある。

【0014】

【課題を解決するための手段】 本発明は、このような問題点を解決するために案出されたもので、第2スラブ導波管と出力導波管との間にテーバ導波管を適用して低損失のAWG光波長分割装置を提供するものである。

【0015】 また、本発明は、第2スラブ導波管と出力導波管との間にテーバ導波管を適用して平坦な周波数応答を有するAWG光波長分割器を提供する。

【0016】 さらに、本発明では、第2スラブ導波管と

出力導波管との間にテーバ導波管を適用して、平坦な周波数応答を有するとともに従来技術で生じる追加挿入損を解消するAWG光波長分割装置を提供する。

【0017】 さらにまた、本発明では1以上の入力光導波管に入力される異なる波長を有する光信号を結合または分離して複数の出力光導波管へ出力するAWG光波長多重化装置／分割化装置において、入力光導波管から出力される結合された入力光信号のパワーを分割する第1スラブ導波管と、この第1スラブ導波管へ出力された光信号を隣接した導波管で一定の位相差を持って導波するよう配列された光導波管回折格子と、この配列光導波管回折格子から出力される光信号の波長を結合または分離して出力導波管へ出力する第2スラブ導波管と、この第2スラブ導波管と出力導波管との間に挿入されて平坦な周波数応答を得るためのテーバ導波管と、から構成されることを特徴とする低損失光波長分割装置を提供する。

【0018】 そのテーバ導波管は線形テーバ導波管であるように、光信号導波中にモード間パワー交換が生じないよう断熱構造であるとよい。また、テーバ導波管は、第2スラブ導波管の出力端で多重モード構造を有するようになるとよい。

【0019】 さらに、そのテーバ導波管の一端部が、出力導波管の入力端部と同一サイズでそれぞれ接続されて光信号を導波するようになるとよい。

【0020】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づき詳細に説明する。なお、図面中で、同一な構成要素及び部分には、可能な限り同一符号を共通使用するものとし、関連する周知技術については適宜説明を省略する。また、以下の説明では具体的な特定事項を示しているが、これに限られることなく本発明を実施できることは、当該技術分野における通常の知識を有する者には自明である。

【0021】 図1に、本発明の一実施形態におけるAWGを用いた平坦な周波数応答を有する光波長分割装置チップの拡大図を示す。また、図2には、本発明の一実施形態におけるAWG光波長分割装置パターンの拡大図を示す。

【0022】 図1に示すように、光波長分割装置は、基板10上に多数の工程を経て形成された導波管パターンを有する。ここで導波管パターンとは、光信号が経由する導波管を意味する。AWG光波長分割装置は、異なる波長を有する光信号が入力される少なくとも一本以上の入力導波管110と、入力導波管110から出力される光パワー(optical power)を分離する第1スラブ導波管112と、第1スラブ導波管112の出力端に接続されており、隣接する導波管で入力された光信号が一定の位相差を持つよう導波するAWG114と、このAWG114の出力端に接続されて出力される光信号の波長を結合または分離して出力導波管118へ出力する第2

スラブ導波管116と、第2スラブ導波管116の出力端と出力導波管118との間に挿入されて平坦な周波数応答を得るために設けられるテーパ導波管(図2、図3参照)と、を含む。

【0023】このような構造を有するAWG光波長分割装置の動作は次の通りである。一本以上の入力導波管110に入力された光信号は、第1スラブ導波管112を通過して異なる長さを有する複数の導波管を備えたAWG114に入射される。このAWG114を通過した光信号は異なる位相を有するようになる。第2スラブ導波管116に入力された異なる位相を有する光信号は、補強及び干渉によって複数の出力導波管のうちの一つにその像(self-imaging)が結ばれて出力される。

【0024】図2に基づき本例のAWG光波長分割装置の動作原理を詳細に説明する。AWG光波長分割装置は、波長変化によってその波面(wavefront)の方向を変える光導波管を配列した回折格子を実現したものである。波長変化によって像の結ばれる焦点平面(又は、像平面)で干渉縞のメインピークが移動する程度を示す線形分散は数式4で表される。

【数4】

$$\frac{dx}{dy} = \frac{fm}{n_s d}$$

【0025】ここで、fはスラブ導波管の焦点距離、mは回折次数、dはAWGのピッチ、 n_s はスラブ導波管の有効屈折率である。

【0026】数式4によると、AWG光波長分割装置に入射される光信号の波長分布が第2スラブ導波管216の像平面上に空間的に結ばれ、像平面に予め定められた間隔で多数本の出力導波管218を接続すると、この出力導波管218の位置によって定められた波長間隔を有する光波長分割装置を実現することができる。

【0027】複数のAWG214から出力された異なる位相を持つ光信号は、第2スラブ導波管216を通過する間、フラウンホフ回折(Fraunhofer diffraction)に従う。このようにして、干渉縞は像平面上に形成される。このフラウンホフ回折は、入力光信号と回折図形との関係をフーリエ変換で記述することができるため、入力光信号と出力回折図形のいずれか一方だけを知ることができれば、フーリエ変換又は逆フーリエ変換を用いて他方の光信号の大きさと位相を算出することができる。

【0028】図3に、本発明の一実施形態における第2スラブ導波管316と出力導波管318との間に挿入されるテーパ導波管317を示す。このテーパ導波管317は、光波長分割装置の平坦な周波数応答を得ると共に、低損失を実現するために挿入される。

【0029】以下、テーパ導波管317について詳細に

説明する。テーパ導波管317は、第2スラブ導波管の出力端と出力導波管318との間に挿入するように適用される。本例では、出力導波管318の先端部分を加工して、多数の導波モードを有する多重モードテーパ導波管317を構成している。また、テーパ導波管317は、光信号導波中にモード間でパワー交換が生じないよう断熱構造とすることが望ましい。このようなテーパ導波管317は入射光の受光角(acceptance angle)を拡大させるため、光損失が最低限に抑えられる。第2スラブ導波管と接続されているテーパ導波管の先端317aは、多重モードを有する構造であり、出力導波管318と接続された後端317bは出力導波管318と同一のサイズとされる。

【0030】図4Aに、従来のAWG光波長分割装置において像平面上に形成されるフォーカルフィールド(FOCAL FIELD)と出力導波管の0次ローカルモードフィールド(LOCAL MODE FIELD(FUNDAMENTAL MODE))のグラフを示す。図4Aから、従来のAWG光波長分割装置が、ダブルピーク形態を有する干渉縞を像平面上に形成することが確認できる。これと対比させて図4Bに、本発明の一実施形態であるAWG光波長分割装置において像平面上に形成されるフォーカルフィールド(FOCAL FIELD)と出力導波管の0次ローカルモードフィールド(LOCAL FIELD)のグラフを示す。図4Bから、本発明の一実施形態であるAWG光波長分割装置が、出力導波管のローカルモードと同一形態を有する干渉縞を像平面上に形成することが確認できる。本発明のAWG光波長分割装置は、平坦な周波数応答を得ることができ、また、第2スラブ導波管に接続された出力導波管の入力端部分においてテーパ構造を有する点にその特徴がある。図4A及び図4Bにおいて、グラフの横軸は、像平面上に形成された像の位置(POSITION ON IMAGE PLANE (μm))を示す。このように像平面上に形成された像は、第2スラブ導波管から出力された光のイメージである。

【0031】テーパ(taper)導波管は多数の導波モードを有する多重モード導波管であり、例えば、本発明では、出力導波管の導波モードが十分に広いため、テーパ導波管の0次モード(fundamental mode)とフォーカルプレーン(focal plane)とで、干渉縞間のモードの不一致を最小化することになり、損失が最小限に抑えられる。

【0032】図2及び図3に示すように、本発明の一実施形態におけるAWG光波長分割装置では、平坦な周波数応答を得るために、 $1.5\mu\text{m}$ 波長帯の16チャンネルAWG波長分割装置として設計されており、チャンネル導波管幅は $6.5\mu\text{m}$ 、コア層とクラッド層との屈折率差は0.75%に設計されている。また、出力導波管部分で線形テーパの幅(W)を $25.3\mu\text{m}$ 、テーパ部分の長さ(L)を $4800\mu\text{m}$ に設計し、周波数応答特性を計算するために二次元ビーム伝達方法(beam propagation method)を用いた。なお、テーパ導波管の大きさは、これに

限定されることなく、テーパ導波管の大きさを適宜変更することによって、多様なテーパ導波管を実現することができる。

【0033】図5に、本発明の一実施形態における像平面上に形成される干渉縞と多数の多重導波モード重畳積分(overlap integral)を波長に応じて示したグラフを示す。像平面上に形成された干渉縞が出力導波管で五つのモード(0次モード～4次モード)とそれぞれ結合される。グラフの横軸は、正規化した波長(NORMALIZED WAVELENGTH(μm))を示す。本発明は多重モード結合のためにテーパ導波管の先端、即ち像平面上に断熱性テーパ(adiabatic taper)導波管構造を採用しており、0次モードを除いた光信号の高次モードは導波管を通過して遮断(cut off)又は放射される。この結果、中央が凹んだ形態を有する最終周波数応答が得られる。この中央が凹んだ形態(centrally-dipped profile)は、各チャネルの中央波長で偶数モードが結合されたパワーの遮断に起因するものである。また、この中央が凹んだ形態が周波数応答の平坦化を増加する容易となる。

【0034】図6に、計算式によって得た本発明の一実施形態による周波数応答特性のグラフを示す。このグラフの横軸は、正規化した波長の大きさ(NORMALIZED WAVELENGTH(μm))を示し、縦軸は、損失(LOSS(dB))を示す。図6に示すように、その計算式によって得た挿入損失は1.16 dBであり、3 dB帯域幅では72.3 GHzである。

【0035】なお、最終光ファイバ結合損失、曲線導波

管損失、導波損失についての説明は省略したが、既存の方法に比べて相当改善された挿入損失を示している。

【発明の効果】以上から、本発明によると、第2スラブ導波管と出力導波管との間にテーパ導波管を適用することによって、像平面上で平坦な周波数応答を得ると共に、追加挿入損失の発生が最小限に抑えられる。また、本発明に適用されたテーパ導波管は、既存の光学装置に容易に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の一実施形態におけるAWG光波長分割装置チップを示す斜視図。

【図2】本発明の一実施形態におけるAWG光波長分割装置の導波管パターンを示す平面図。

【図3】本発明の一実施形態における出力テーパ導波管を示す拡大図。

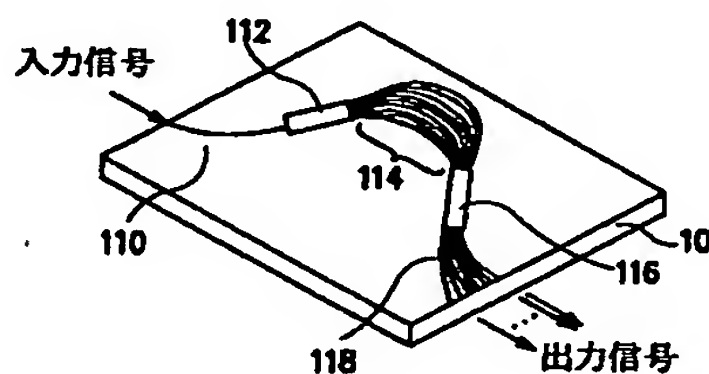
【図4A】従来技術による像平面に表れたフォーカルフィールドと出力導波管の0次ローカルモードフィールドとを比較したグラフ。

20 【図4B】本発明の一実施形態による像平面に表れたフォーカルフィールドと出力テーパの0次ローカルモードフィールドとを比較したグラフ。

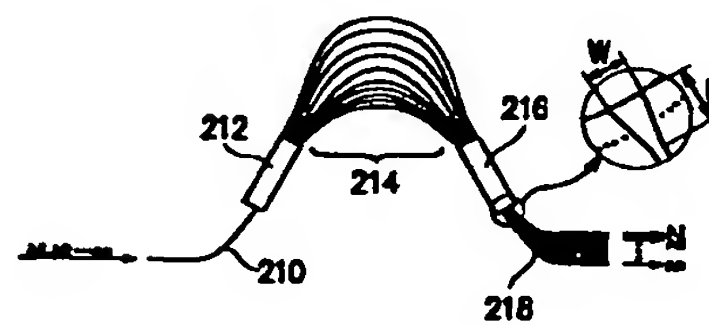
【図5】本発明の一実施形態による出力導波管のローカルモードとフォーカルフィールドのパワー重畳積分を示すグラフ。

【図6】本発明の一実施形態による損失特性を示すグラフ。

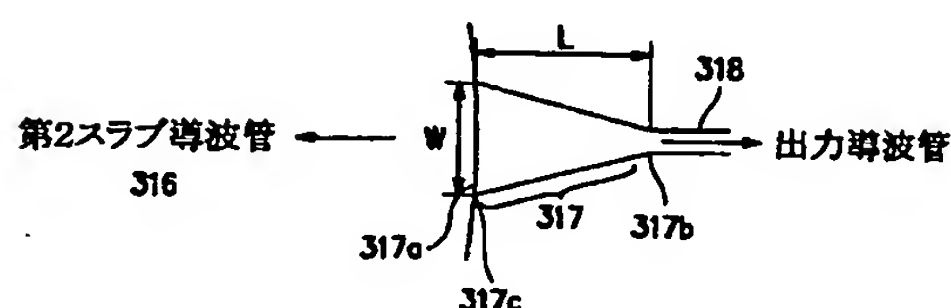
【図1】



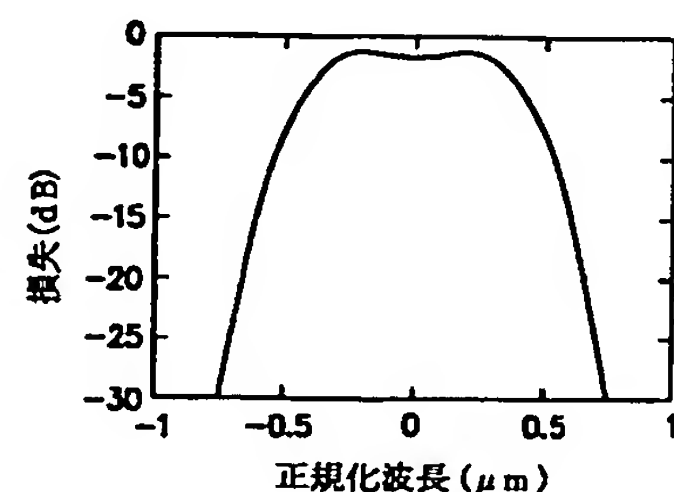
【図2】



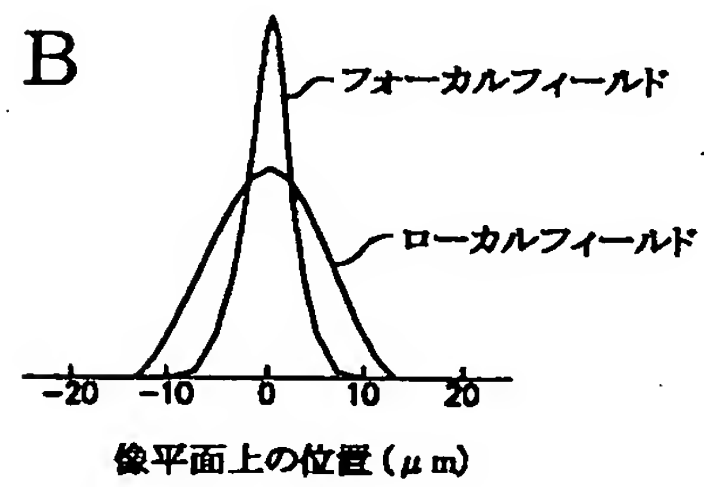
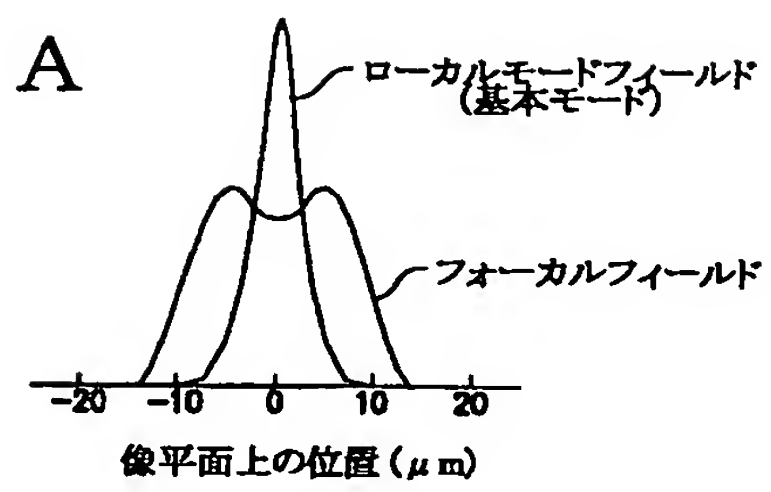
【図3】



【図6】



【図4】



【図5】

